

501P0297US00

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

J1036 U.S. PTO
09/815670
03/23/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 3月24日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-083368

出 願 人
Applicant (s):

ソニー株式会社

2000年12月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2000-3099429

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000162303

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 吉田 浩

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 阿部 美鈴

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 大原 真穂

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 山口 恭司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 中島 博

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100086298

【弁理士】

【氏名又は名称】 船橋 國則

【電話番号】 046-228-9850

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007364

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904452

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ発光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え、前記積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、前記リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、前記電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成されたインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置において、前記 x は、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ なる範囲の所定値からなることを特徴とする半導体レーザ発光装置。

【請求項2】 前記半導体レーザ発光装置の電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ なる範囲の所定値からなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項3】 前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項4】 前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有することを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項5】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、 0.007 以上 0.012 以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 6】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、 0.007 以上

ことを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 7】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、 0.007 以上 0.012 以下である

ことを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 8】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、 0.007 以上 0.012 以下である

ことを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 9】 アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも 1 種の元素を含む III 属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え、
前記積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、
前記リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、
前記電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された
ウィークインデックス型のパルセーション半導体レーザ発光装置において、
前記 x は、 $0.15 < x < 0.30$ なる範囲の所定値からなる
ことを特徴とする半導体レーザ発光装置。

【請求項 10】 前記半導体レーザ発光装置の電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ なる範囲の所定値からなる

ことを特徴とする請求項 9 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 11】 前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0.15 < x < 0.30$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有する

ことを特徴とする請求項 9 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 1 2】 前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0.15 < x < 0.30$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有する

ことを特徴とする請求項 1 0 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 1 3】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 $n1$ と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 $n2$ との差 $\Delta n = n1 - n2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である

ことを特徴とする請求項 9 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 1 4】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 $n1$ と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 $n2$ との差 $\Delta n = n1 - n2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である

ことを特徴とする請求項 1 0 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 1 5】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 $n1$ と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 $n2$ との差 $\Delta n = n1 - n2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である

ことを特徴とする請求項 1 1 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 1 6】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 $n1$ と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 $n2$ との差 $\Delta n = n1 - n2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である

ことを特徴とする請求項 1 2 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 1 7】 アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも 1 種の元素を含む III 属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え

前記積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、

前記リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、

前記電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された

ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置において、

前記 x は、 $0 \leq x < \leq 0.15$ なる範囲の所定値からなる
ことを特徴とする半導体レーザ発光装置。

【請求項 18】 前記半導体レーザ発光装置の電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ なる範囲の所定値からなる
ことを特徴とする請求項 17 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 19】 前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0 \leq x < \leq 0.15$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有する
ことを特徴とする請求項 17 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 20】 前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0 \leq x < \leq 0.15$) により表される物質によって構成された膜は、少なくともその合わせた膜の一部が存在し、かつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有する
ことを特徴とする請求項 18 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 21】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である
ことを特徴とする請求項 17 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 22】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である
ことを特徴とする請求項 18 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 23】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である
ことを特徴とする請求項 19 記載の半導体レーザ発光装置。

【請求項 24】 前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、

少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満であることを特徴とする請求項 20 記載の半導体レーザ発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザ発光装置に関し、詳しくはIII属窒化物半導体膜を積層してなる半導体レーザ発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物からなる半導体膜が積層されてなる半導体レーザ発光装置（以下、III属窒化物半導体レーザ発光装置という）はシステム用途として発表されており、その半導体レーザ発光装置を光源に用いたシステムの実現がなされようとしている。

【0003】

III属窒化物半導体レーザ発光装置は、他の材料系半導体材料から構成される、例えばコンパクトディスク（CD）用、ミニディスク（MD）用のAlGaAs系半導体レーザ発光装置、デジタルヴァーサタイルディスク（DVD）、バーコードリーダ用のAlGaInP系半導体レーザ発光装置に比べて劣っている点がある。その中の一つに横モード制御があげられる。

【0004】

横モードとは半導体膜の面内方向での光の導波モードのことであり、半導体レーザ発光装置における横モード制御の手法は確立されている。図13に示すように、半導体膜311の積層方向を垂直方向とし、また積層膜面内でありかつ共振器長方向に垂直である方向を水平方向とし、共振器長方向を縦方向とすると、上記横モードとは水平方向の導波モードとなる。

【0005】

水平方向の導波を発生させるためには、一般的に半導体レーザ発光装置においては、大きく2種類に分類される。

【0006】

一つは、図14の(1)に示すように、電流注入部321と電流非注入部322が形成される垂直方向の半導体膜320の構成を全く同一とした構造である。この構造では、作り付けの屈折率差 Δn は $\Delta n = 0$ である。この構造においては、電流注入によって、図14の(2)に示すように、水平方向の屈折率分布が発生するために、図14の(3)に示すように、キャリア分布が生じ、導波機構が発生する。これはゲインガイドと呼ばれるものである。

【0007】

また一つは、図15の(1)に示すように、電流注入部331と電流非注入部332が形成される垂直方向の半導体膜330の構成を異ならせた構成である。この構造では、図15の(2)に示すように、作り付けの屈折率差 Δn が発生し、 $\Delta n = n_1 - n_2 \neq 0$ となる。このように、水平方向の屈折率分布が発生するために、図15の(3)に示すように、キャリア分布が生じる。

【0008】

また、図15に示した構造においては、さらにいくつかの分類が可能である。一般的にはその実部、 $\Delta n - \text{real} > 0$ であることで導波が発生するものをリアルインデックスガイド型、その虚部、 $\Delta n - \text{im} < 0$ であることで導波が発生するものをロスインデックスガイド型と称する。横モードを安定に高出力まで保つためには、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置よりもロスインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置の方が優れている。また、動作電流の点では、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置の中でもロスインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置よりリアルインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置の方が優れている。

【0009】

さらに細かく分類すると、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置とインデックス型の半導体レーザ発光装置の中間といえる Δn においては、セルフパルセーションが発生する。弱い Δn で実現するパルセーション構造をウィークインデックス型セルフパルセーションと称する。

【0010】

既に、商品化されている例えばCD、MD用のAlGaAs系半導体レーザー発光装置や、DVD、バーコードリーダ用のAlGaInP系半導体レーザー発光装置においては、その応用用途に応じて、それぞれの横モード導波構造を用いている。すなわち、横構造を変えているのである。さらに言い換えれば、 Δn の操作が任意に行なわれている。

【0011】

例えば、低パワー駆動でレーザーノイズを優先させる場合、ゲインガイド型が選択される。さらに、レーザーノイズが最優先される場合は、パルセーション型が選択される。一方、高パワー駆動で、レーザービームの放射角(FFP)や非点が安定であることが優先される場合、もしくは低駆動電流が優先される場合は、インデックスガイド型が選択される。

【0012】

このように、III属窒化物半導体発光素子の横モード制御を行うためには、既に商品化されている例えばCD、MD用のAlGaAs系半導体レーザー発光装置やDVDバーコードリーダ用のAlGaInP系半導体レーザー発光装置と同様な手法を用いることが必要である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、埋め込みリッジ構造が採用されているIII属窒化物半導体レーザー発光装置においては埋め込み層が明らかになっていない。もしくは、直接金属膜に覆われている構造のものが開示されている。

【0014】

また、横モードを制御するために電流注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_1 と電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 Δn に言及した半導体レーザー発光装置の例はなく、実際にIII属窒化物半導体レーザー発光装置を設計、作製する上で不都合を生じていた。

【0015】

例えば、特開平11-214788号公報に開示されている半導体レーザー発光装置においては、絶縁膜、もしくは半導体膜を埋め込み層とした埋め込みリッジ

型構造が開示されている。しかしながら、活性層と電流非注入領域との間の厚さ d_2 の具体的な記載がなされていない。 d_2 は Δn を決める重要な構造パラメータであるため、 d_2 を明らかにしない限り Δn を決定することはできない。上記特開平 1 1 - 2 1 4 7 8 8 号公報に開示された発明においては、セルフパルセーションを達成することを主旨としており、その達成手段として、ウィークインデックス型を採用している。ところが、 d_2 が明らかになっていないことから、 Δn が明らかにならず、セルフパルセーション型の半導体レーザ発光装置を作製することは困難であった。

【 0 0 1 6 】

また、上記公報に開示されている以外の発明においても、 Δn と横モードとの関係が明らかにされているものは見当たらず、組成のみ、もしくはストライプ幅のみで横モードを規定しようとしている。

【 0 0 1 7 】

これは、III 属窒化物半導体レーザ発光装置の研究開発においてリッジに金属が直接に接した構造、もしくは絶縁膜が直接に接した構造としているためと推測される。リッジに金属が直接に接した構造では、リーク故障が多発するため d_2 を積極的に小さくすることができない。そのため、この領域においては Δn が不明確であり、横モードの検討ができなくなっている。また、同時に、リッジ外への漏れ電流も大きく、動作電流が増大している。

【 0 0 1 8 】

III 属窒化物半導体レーザ発光装置における駆動電力の増大は、発熱量の増大を招き、レーザ発振させること自体が困難になるといえる。また、駆動電圧が高い場合、電流注入領域の電流注入幅 W_{st} を規定することが困難になるため、横モードの安定性が低くなる。これも、横モードの検討を難しくしている要因の一つになっている。

【 0 0 1 9 】

一方、電力狭窄領域に絶縁膜で埋め込んだ構造では、 d_2 を薄くしてもリーク故障は起こらない。このため、 Δn を十分に大きくすることができる。しかしながら、リッジの両側面での密着具合、および膜質が不均一なため、横モードが不

安定になる。この状況においては、横モードの検討は難しくなる。さらに、その屈折率は、ある一点に固定されるため、変化させることができない。したがって、 Δn を操作するためには d_2 のみを制御することになるが、この制御は漏れ電流に影響を与えるため、電流の広がりと光の広がりとを独立に操作することが困難になる。したがって、実用の点を考慮すると、絶縁膜での埋め込みリッジ構造を作製することは利点が乏しいといえる。

【0020】

上述の金属および絶縁膜での埋め込みリッジ構造の諸問題を解決するためには、半導体膜での埋め込みリッジ構造とすることがよい。しかしながら、半導体膜での埋め込みリッジ構造の半導体レーザ発光装置においても、 Δn と横モードとの相関が明らかになっていないため、用途においての横構造の使い分けが不十分となっていた。

【0021】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するためになされた半導体レーザ発光装置である。

【0022】

第1の半導体レーザ発光装置は、アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え、前記積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、前記リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、前記電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$ ）により表される物質によって構成された半導体レーザ発光装置において、前記 x は、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ なる範囲の所定値からなるインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置である。

【0023】

前記第1の半導体レーザ発光装置における電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ なる範囲の所定値からなる。前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ （ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ ）により表される物質によ

って構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu\text{m}$ 以下の膜厚を有する。
前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の
膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、 0.007 以上 0.012 以下である。

【0024】

上記第1の半導体レーザ発光装置では、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ とすることによって、水平方向のFFP半値全幅 θ_{\parallel} と垂直方向のFFP半値全幅 θ_{\perp} とが負の相関を示し、電流注入幅 W_{st} が狭くなるほど θ_{\parallel} は大きくなることから、上記 x の範囲においてインデックスガイド領域となる。電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1 \mu\text{m} \leq W_{st} \leq 3 \mu\text{m}$ とすることにより、駆動電流が低減され低電流駆動が可能になる。一方、 $W_{st} > 3.0 \mu\text{m}$ では導波機構が弱まり、水平方向の光閉じ込めが不安定になる。そして、あらゆるアルミニウム組成 x でゲインガイド的振る舞いとなる。また、電流非注入領域下における積層膜のうちの活性層と電流非注入領域との間の積層膜のうち化学式 $\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x} \text{N}$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2 \mu\text{m}$ 以下の膜厚を有することから、電流リークが抑制された半導体レーザ発光装置となる。一方、 d_2 が 0.2 よりも大きくなると電流リークが多くなり、半導体レーザ発光装置性能の劣化となる。

【0025】

第2の半導体レーザ発光装置は、アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え、前記積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、前記リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、前記電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x} \text{N}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された半導体レーザ発光装置において、前記 x は、 $0.15 < x < 0.30$ なる範囲の所定値からなるウィークインデックス型のパルセーション半導体レーザ発光装置である。

【0026】

前記第2の半導体レーザ発光装置における電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、

$1\ \mu\text{m} \leq W_{\text{st}} \leq 3\ \mu\text{m}$ なる範囲の所定値からなる。前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうちの化学式 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (ただし、 $0.15 < x < 0.30$) により表される物質によって構成された膜とを合わせた膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2\ \mu\text{m}$ 以下の膜厚を有する。前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である。

【0027】

第2の半導体レーザ発光装置では、 $0.15 < x < 0.30$ とすることによって、インデックス型の半導体レーザ発光装置となるには不十分な小さな Δn 領域となっている。したがって、ウィークインデックス領域となる。電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1\ \mu\text{m} \leq W_{\text{st}} \leq 3\ \mu\text{m}$ とすることにより、駆動電流が低減され低電流駆動が可能になる。一方、 $W_{\text{st}} > 3.0\ \mu\text{m}$ では導波機構が弱まり、水平方向の光閉じ込めが不安定になる。そして、あらゆるアルミニウム組成 x でゲインガイド的振る舞いとなる。また、電流非注入領域下における積層膜のうちの活性層と電流非注入領域との間の積層膜のうちの化学式 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2\ \mu\text{m}$ 以下の膜厚を有することから、電流リークが抑制された半導体レーザ発光装置となる。一方、 d_2 が 0.2 よりも大きくなると電流リークが多くなり、半導体レーザ発光装置性能の劣化となる。

【0028】

第3の半導体レーザ発光装置は、アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え、前記積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、

前記リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、前記電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された半導体レーザ発光装置において、前記 x は、 $0 \leq x < 0.15$ なる範囲の所定値からなるゲインガイド型の半導体レーザ発光装置である。

【0029】

前記第3の半導体レーザ発光装置における電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1\mu m \leq W_{st} \leq 3\mu m$ なる範囲の所定値からなる。前記電流非注入領域下における前記積層膜のうちの活性層と前記電流非注入領域との間の前記積層膜のうち化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ （ただし、 $0 \leq x < \leq 0.15$ ）により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2\mu m$ 以下の膜厚を有する。前記電流注入領域における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と前記電流非注入領域の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満である。

【0030】

上記第3の半導体レーザ発光装置では、 $0 \leq x < \leq 0.15$ とすることによって、低レーザノイズに適したゲインガイド領域に相当する。電流注入領域の電流注入幅 W_{st} は、 $1\mu m \leq W_{st} \leq 3\mu m$ とすることにより、駆動電流が低減され低電流駆動が可能になる。また、電流非注入領域下における積層膜のうちの活性層と電流非注入領域との間の積層膜のうち化学式 $Al_xGa_{1-x}N$ （ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ ）により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在し、かつ $0.2\mu m$ 以下の膜厚を有することから、電流リークが抑制された半導体レーザ発光装置となる。一方、 d_2 が 0.2 よりも大きくなると電流リークが多くなり、半導体レーザ発光装置性能の劣化となる。

【0031】

【発明の実施の形態】

本発明の半導体レーザ発光装置の構成を、図1の概略構成断面図によって説明する。

【0032】

図1に示すように、サファイア基板11上に、窒化ガリウムからなるバッファ層12（例えば厚さは $35nm$ ）、アンドープ窒化ガリウムからなる低温層13（例えば厚さは $500nm$ ）、シリコンを添加した n 型窒化ガリウムからなるコンタクト層14（例えば厚さは $8\mu m$ ）、シリコンを添加した n 型 $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ からなる n 型クラッド層15（例えば厚さは $1.2\mu m$ ）、シリコンを添

加したn型窒化ガリウムからなる光ガイド層16（例えば厚さは120nm）、 $\text{In}_{0.14}\text{Ga}_{0.86}\text{N}$ からなる井戸層（例えば厚さは3.5nm）と $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ からなる障壁層（例えば厚さは7nm）とから構成される4重量子井戸構造とした活性層17、マグネシウムを添加したp型 $\text{Al}_{0.18}\text{Ga}_{0.82}\text{N}$ からなる拡散防止層18（例えば厚さは20nm）、マグネシウムを添加したp型窒化ガリウムからなる光ガイド層19（例えば厚さは90nm）、マグネシウムを添加したp型 $\text{Al}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ からなるキャリアオーバーフロー抑制層20（例えば厚さは50nm）、マグネシウムを添加したp型 $\text{Al}_{0.06}\text{Ga}_{0.94}\text{N}$ からなるp型クラッド層21（例えば厚さは560nm）、マグネシウムを添加したp型窒化ガリウムからなるn型コンタクト層22（例えば厚さは100nm）を順次積層することで、III属窒化物半導体膜を積層させた積層膜23が構成されている。

【0033】

さらに、p型クラッド層21の上部は、リッジ状のストライプ24が形成されている。そのストライプ24が電流注入領域31となり、その電流注入幅 W_{st} は、 $1\mu\text{m} \leq W_{st} \leq 3\mu\text{m}$ なる範囲の所定値を有している。

【0034】

一方、上記ストライプ24の両側には、電流狭窄を行うために、シリコンを添加した $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層25が形成されていて、電流非注入部32が構成されている。電流非注入部32では、p型窒化ガリウムからなるp型コンタクト層22から順次除去することで、活性層17と電流非注入部32との間の膜厚 d_2 を所望の厚さとしている。この電流狭窄のための横構造が、同時に横方向の光の導波モード制御構造となっている。

【0035】

さらに、上記p型コンタクト層22に接続するP型電極41が形成され、またn型コンタクト層14に接続するn型電極42が形成されている。

【0036】

上記構成の半導体レーザ発光装置1において、第1の半導体レーザ発光装置は、電流非注入領域32が $0.3 \leq x \leq 1.0$ なる範囲の所定値を有する Al_xGa

a_{1-x} N 層 25 によって構成されているインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置となっている。

【0037】

上記第1の半導体レーザ発光装置では、リッジ状のストライプに形成された電流注入領域31の電流注入幅 W_{st} は、 $1\mu m \leq W_{st} \leq 3\mu m$ なる範囲の所定値を有している。

【0038】

また、上記電流非注入領域32下における積層膜のうちの活性層17と電流非注入領域32との間の積層膜、すなわち、拡散防止層18、光ガイド層19、キャリアオーバーフロー抑止層20およびクラッド層21を合わせた膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在しかつ $0.2\mu m$ 以下の膜厚を有している。

【0039】

さらに、上記電流注入領域32における膜積層方向の有効屈折率 n_1 と電流非注入領域32の膜積層方向の有効屈折率 n_2 との差 $\Delta n = n_1 - n_2$ は、 0.007 以上 0.012 以下になっている。

【0040】

次に、第2の半導体レーザ発光装置を以下に説明する。第2の半導体レーザ発光装置は、上記構成の半導体レーザ発光装置1において、電流非注入領域32が $0.15 < x < 0.30$ なる範囲の所定値を有する $Al_x Ga_{1-x} N$ 層25によって構成されているウィークインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置となっている。

【0041】

上記第2の半導体レーザ発光装置では、リッジ状のストライプに形成された電流注入領域31の電流注入幅 W_{st} は、 $1\mu m \leq W_{st} \leq 3\mu m$ なる範囲の所定値を有している。

【0042】

また、上記電流非注入領域32下における積層膜のうちの活性層17と電流非注入領域32との間の積層膜、すなわち、拡散防止層18、光ガイド層19、キ

キャリアオーバーフロー抑止層 20 およびクラッド層 21 を合わせた膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在しかつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有している。

【0043】

さらに、上記電流注入領域 32 における膜積層方向の有効屈折率 $n1$ と電流非注入領域 32 の膜積層方向の有効屈折率 $n2$ との差 $\Delta n = n1 - n2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満となっている。

【0044】

次に、第 3 の半導体レーザ発光装置を以下に説明する。第 3 の半導体レーザ発光装置は、上記構成の半導体レーザ発光装置 1 において、電流非注入領域 32 が $0 \leq x < \leq 0.15$ なる範囲の所定値を有する $Al_x Ga_{1-x} N$ 層 25 によって構成されているゲインガイド型の半導体レーザ発光装置となっている。

【0045】

上記第 3 の半導体レーザ発光装置では、リッジ状のストライプに形成された電流注入領域 31 の電流注入幅 Wst は、 $1 \mu m \leq Wst \leq 3 \mu m$ なる範囲の所定値を有している。

【0046】

また、上記電流非注入領域 32 下における積層膜のうちの活性層 17 と電流非注入領域 32 との間の積層膜、すなわち、拡散防止層 18、光ガイド層 19、キャリアオーバーフロー抑止層 20 およびクラッド層 21 を合わせた膜のうち化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0.3 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された膜は、少なくとも存在しかつ $0.2 \mu m$ 以下の膜厚を有している。

【0047】

さらに、上記電流注入領域 32 における膜積層方向の有効屈折率 $n1$ と電流非注入領域 32 の膜積層方向の有効屈折率 $n2$ との差 $\Delta n = n1 - n2$ は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満となっている。

【0048】

次に、本発明の半導体レーザ発光装置 1 における、アルミニウムの組成 x 、電流注入領域 31 の電流注入幅 Wst 、屈折率差 Δn の見積もり方法を以下に説明す

る。具体的には、前記図 1 に示した構成の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ の異なる組成で埋め込んだ埋め込みリッジ型半導体レーザ発光装置の製作を行い、各組成 x においては電流注入幅（ストライプ幅） W_{st} 、を数種類にわたって異ならせた。それ以外の半導体膜の構成は同一とした。

【 0 0 4 9 】

本発明における半導体レーザ発光装置の作製で用いたパラメータは、 $0.15 \leq x \leq 1.0$ 、 $0.1 \mu\text{m} \leq d_2 \leq 0.2 \mu\text{m}$ 、 $2.2 \leq W_{st} \leq 3.5 \mu\text{m}$ とした。

【 0 0 5 0 】

まず、 $x = 0.15$ 、 0.30 、 0.40 での試料の水平方向の FFP（Far Field Pattern）半値全幅 θ_{\parallel} の測定結果を図 2 に示す。図 2 では、縦軸に θ_{\parallel} を示し、横軸に W_{st} を示す。また、同時に比較のため、リッジをそのまま p 型金属層で覆った一般的な III 属窒化物半導体レーザ発光装置である金属リッジ構造のデータを白抜きのひし形印で示す。また、 d_2 はおよそ $0.15 \mu\text{m}$ とした。FFP の測定では、レーザ発振器の自己発熱による影響を極力避けるために、パルス電流駆動によって駆動を行った。その駆動条件は、一例として $5 \mu\text{s}$ 幅のパルスを 1ms 周期に印加した。

【 0 0 5 1 】

上記図 2 によって、以下のことがわかる。

- (1) $x = 0.15$ 以外では、各組成において θ_{\parallel} と W_{st} に負の相関が見られる。
- (2) あらゆるストライプ幅 W_{st} において θ_{\parallel} の値が、 $\theta_{\parallel, x=0.15} > \theta_{\parallel, x=0.40} > \theta_{\parallel, x=0.30}$ となっている。

【 0 0 5 2 】

次に、 W_{st} を変えたときの典型的な θ_{\parallel} （横軸）と θ_{\perp} （垂直方向の FFP 半値全幅）（縦軸）との関係を図 3 に示す。図 3 に示すように、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置では、 W_{st} が狭くなると水平方向の損失が増大する。このため、水平方向の光波面の湾曲が強くなり、結果として θ_{\parallel} が大きくなる。一方、垂直方向においても損失が増大するために波面の湾曲が増大し、結果として、

$\theta \perp$ が大きくなる。したがって、 $\theta \parallel$ と $\theta \perp$ は正の相関を持つことになる。そしてストライプ幅 W_{st} が狭いほどどちらも大きくなることが特徴である。

【0053】

一方、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置においては、 $\theta \parallel$ と $\theta \perp$ とは負の相関を示す。これは、TEモードとTMモードとが直交しないことに起因する。これらの現象は、AlGaAs系半導体レーザ発光装置、AlGaInP系半導体レーザ発光装置の測定においても確認されている。

【0054】

したがって、

(3) インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置では、 $\theta \parallel$ と $\theta \perp$ とは負の相関を示し、 W_{st} が狭くなるほど $\theta \parallel$ は大きくなる。

(4) ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置では、 $\theta \parallel$ と $\theta \perp$ とは正の相関を示し、 W_{st} が狭くなるほど $\theta \parallel$ は大きくなる。

【0055】

さらにインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置において、 x の大きさ、すなわちアルミニウム組成（横軸）と Δn （縦軸）との関係を図4によって説明する。

【0056】

図4の(1)に示すように、 x が大きいほど $Al_xGa_{1-x}N$ 層の屈折率が小さくなる。このことは、図4の(2)に示すように、 d_2 を固定した場合、 x が大きいほど、ストライプ内、外それぞれの垂直方向の有効屈折率 n_1 、 n_2 の差、すなわち Δn が大きくなることを示す。このことから、

(5) インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置においては、 d_2 を固定した場合、 $\theta \parallel$ と x とは正の相関を示す。

また、同じ d_2 、 W_{st} において、

(6) インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置の $\theta \parallel$ の値よりゲインガイド型の半導体レーザ発光装置の $\theta \parallel$ の値のほうが大きい。このことはよく知られていることで、ゲインガイド型では波面湾曲が起こっていることに起因する。

【0057】

次に、 $\theta \parallel$ （横軸）と $\theta \perp$ （縦軸）との関係を図5に示す。図5に示すように、各測定点は、前記図2中の測定点と同様のものである。 $\theta \parallel$ と $\theta \perp$ との関係は、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置で振る舞いが異なる。

【0058】

以上、(1)～(6)の特徴から、図2および図5においては、

(a) あらゆる x ($0.15 \leq x \leq 0.40$)で、 $W_{st} > 3 \mu m$ では、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置のような振る舞いを示す。

以下、 $W_{st} \leq 3 \mu m$ に着目して、

(b) ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置の切り替わりは、 $x = 0.15$ と 0.30 との間で起こる。

(c) $x = 0.30$ と 0.40 においては、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置のような振る舞いが見られる。

すなわち、 $x = 0.30$ では十分な Δn を有しており、インデックスガイド型半導体レーザ発光装置となるといえる。したがって、低駆動電流、かつ高光出力レーザ発振装置においては、 $x = 0.30$ とすることが望ましいといえる。

【0059】

なお、 $x = 0.15$ では、ゲインガイド型の領域であるので、ストライプ幅 W_{st} を広くしていくと、光がふらついて中心に来なくなる。このように、光が片寄って来ると、片寄った位置に光が集まってくる現象が見られ、 W_{st} が一定にならない。

【0060】

以上により、 $0.30 \leq x \leq 1$ の範囲でインデックスガイド型の半導体レーザ発光装置となり、 $0.15 < x < 0.30$ の範囲でウィークインデックス・パルセーション型の半導体レーザ発光装置となり、 $0 \leq x \leq 0.15$ の範囲でゲインガイド型の半導体レーザ発光装置となる。

【0061】

次に、 x 毎における W_{st} （横軸）としきい電流値（縦軸）との関係を図6に示す。また、 x 毎におけるレーザ光出力（横軸）と非点隔差（縦軸）との関係を図

7に示す。さらに、 x 毎におけるレーザ光出力（横軸）と θ （縦軸）との関係を図8に示す。

【0062】

図6に示すように、同一 Wst で比較すると、しきい値は、ゲインガイド型が高くなり、インデックス型は低くなっている。図7に示すように、 $x = 0.30$ 、 $x = 0.40$ では、 $x = 0.15$ の場合と比較して、低パワー領域から高パワー領域まで非点隔差の変動が小さくなっている。このことは、一般的に言われているゲインガイド型よりもインデックスガイド型のほうが非点隔差は低くなるということに、矛盾していないことがわかる。

【0063】

図6～図8に示すように、 $x = 0.30$ でゲインガイド型とインデックスガイド型とを分ける正当性、およびレーザ光の高出力における安定性を示していることがわかる。また、 $x = 0.40$ においては、低駆動電力化、高出力化に適していることがわかる。ただし $Wst > 3.5 \mu m$ においては特性が悪化している。これは、後述するように、横モードが不安定なことに起因している。

【0064】

以上、説明したように、 $1.0 \geq x \geq 0.30$ では、低駆動電流でかつ高光出力レーザに適したインデックスガイド領域にあることが示されている。すなわち、本発明の第1の半導体レーザ発光装置は、インデックスガイド領域とすることを意図したアルミニウム組成が $1.0 \geq x \geq 0.30$ に対応する発明である。この範囲であれば、インデックスガイド型のIII属窒化物半導体レーザ発光装置が作製できる。

【0065】

また、 $1.0 \geq x \geq 0.40$ では、非点が $1 \mu m$ 以内と極めて小さくなる。非点が小さいことは、レーザ光を集光した際の焦点位置でのビームサイズ、すなわち、スポットサイズが小さいことを意味する。そのため、レーザ光を集光することを利用するような、例えば高密度光ディスクシステム用途には適している。また、同時に、パワー安定性にも優れている。そのため、これは高光出力を用いるような、例えばRAMシステムに適している。

【0066】

一方、 $0 \leq x \leq 0.15$ では、低レーザノイズに適したゲインガイド領域に当たるといえる。 AlGaAs 系、および AlGaInP 系の一般的なゲインガイド型は作り付けの $\Delta n = 0$ であるが、作り付けの Δn が0でなくともゲインガイド型の半導体レーザ発光装置は実現できる。 Δn が小さい領域であれば、導波機構はキャリア分布から発生する屈折率分布に支配されるためである。

【0067】

先に述べたように、前記図2、図5から $0 \leq x \leq 0.15$ では十分にゲインガイド機構が支配的な領域であることがわかる。

【0068】

すなわち、本発明の第3の半導体レーザ発光装置は上記結果に基づくものである。なお、III属窒化物半導体レーザ発光装置においては、電流狭窄のためにはリッジ構造を作製する以外の手段が確立されていないこともあり、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置は作り付けの Δn を弱めなければ成らない。リッジ外への漏れ電流を制御するためには d_2 を小さくする必要がある。この要請から、リッジ外を覆う材料の屈折率は窒化ガリウムに近いことが望ましい。このことから、従来のIII属窒化物系半導体レーザ発光装置のように、空気もしくは酸化シリコン(SiO_2)、窒化シリコン(SiN)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)のような絶縁膜で電流狭窄部を構成することでは、ゲインガイド型のIII属窒化物半導体レーザ発光装置の達成が困難となる。したがって、ゲインガイド型のIII属窒化物半導体レーザ発光装置を実現するには、本発明の第3の半導体レーザ発光装置のように、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 0.15$)を埋め込み材料として用いることの意義が極めて大きくなる。

【0069】

次に、 $0.15 < x < 0.30$ の領域を考える。この領域では、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置となるには不十分な、すなわち小さい Δn 領域に当たることがわかる。したがって、 AlGaAs 系の半導体レーザ発光装置や AlGaInP 系の半導体レーザ発光装置でいうウィークインデックス領域といえる。セルフパルセーション型のIII属窒化物半導体レーザ発光装置を作製する

ためのウィークインデックス領域は、 $0.15 < x < 0.30$ にある。本発明の第2の半導体レーザ発光装置は、この事実に基づくものである。

【0070】

以上によって、第1～第3の半導体レーザ発光装置は、埋め込み層である $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層のアルミニウムの組成 x によって、発光装置の導波領域が区分されることになる。

【0071】

よって、

第1の半導体レーザ発光装置では、インデックスガイド機構とするために必要なアルミニウム組成は $0.3 \leq x \leq 1.0$ とする。好適には、 $0.4 \leq x \leq 1.0$ とする。

【0072】

第2の半導体レーザ発光装置では、ウィークインデックス型セルフパルセーション機構とするために必要なアルミニウム組成は $0.15 < x < 0.30$ とする。

【0073】

第3の半導体レーザ発光装置では、ゲインガイド機構とするために必要なアルミニウム組成は $0 \leq x \leq 0.15$ とする。

【0074】

次に、 $W_{st} > 3.0 \mu\text{m}$ の領域について述べる。一般に W_{st} が大きくなるにしたがって、導波機構が弱まるため、水平方向の光閉じ込めが不安定になる。前記図2、図5に示すように、あらゆる組成 x において $W_{st} > 3.0 \mu\text{m}$ ではゲインガイド的な振る舞いが見られる。これからして、III族窒化物半導体レーザ発光装置において、 $W_{st} > 3 \mu\text{m}$ では十分な光閉じ込めが起こりにくいことにより、ゲインガイド型（もしくはゲインガイド機構が支配的な）半導体レーザ発光装置となることが示される。また、図9に示すように、水平方向のNFP (Near Field Pattern) をみると、リッジ端にレーザ光が偏っていることが示される。これによって、横モードが不安定であることがわかる。

【0075】

本発明においては、導波機構を分類するとともに駆動電流もより小さくすることも目的としている。単にゲインガイド型（ゲインガイド型機構が支配的な）II I 属窒化物半導体レーザ発光装置を作製するのみであれば、 $W_{st} > 3 \mu m$ でもよい。しかしながら、 W_{st} が大きくなることは、同時に駆動電流、しきい電流値の増大につながる。レーザノイズに適したゲインガイド型半導体レーザ発光装置においても、低駆動電流、およびしきい電流値が実用上望まれることは容易に想像される。

【 0 0 7 6 】

したがって、本発明の第1～第3の半導体レーザ発光装置におけるアルミニウム組成領域 x において、極力 W_{st} を小さくすることがIII属窒化物半導体レーザ発光装置のユーザの要求に応えられるものとなる。この点から、各アルミニウム組成領域において $W_{st} \leq 3 \mu m$ として、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置、ゲインガイド型の半導体レーザ発光装置、ウィークインデックス型セルフパルセーション半導体レーザ発光装置を作り分けることが実用上望ましい。

【 0 0 7 7 】

よって、第1の半導体レーザ発光装置では、インデックスガイド機構とするために必要なアルミニウム組成 $0.3 \leq x \leq 1.0$ において、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ とする。

【 0 0 7 8 】

第2の半導体レーザ発光装置では、ゲインガイド機構とするために必要なアルミニウム組成 $0 \leq x \leq 0.15$ において、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ とする。

【 0 0 7 9 】

第3の半導体レーザ発光装置では、ウィークインデックス型セルフパルセーション機構とするために必要なアルミニウム組成 $0.15 < x < 0.30$ において、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ とする。

【 0 0 8 0 】

次に、 d_2 について述べる。前記したように d_2 とはリッジ型半導体レーザ発光装置においては、リッジ外への電流の漏れ量に影響を与える構造パラメータであると同時に、 Δn を操作する構造パラメータである。

【 0 0 8 1 】

d_2 （横軸）としきい電流値 I_{th} （縦軸）との関係を図 10 に示す。なお、装置の構造は前記図 1 で示したリッジ構造型の埋め込み層である $Al_xGa_{1-x}N$ 層の代わりに酸化シリコン層としている。 W_{st} は $2.5\mu m$ に固定している。なお、共振器長 L は $700\mu m$ である。後述するが、この図に示した d_2 の範囲では Δn と d_2 との依存性は弱く、漏れ電流によるしきい電流値 I_{th} の変化とみてよい。このように、III 属窒化物半導体レーザ発光装置においても d_2 は漏れ電流量に影響を与える構造パラメータであることが示される。

【 0 0 8 2 】

次に、 Δn と d_2 との関係を調べる。最初に導波路シミュレータと FFP 測定値との合わせこみを行う。これを行うことで、以下に用いるシミュレータによる計算結果の正当性を確保する。ここで用いるシミュレータは等価屈折率法を用いた。

【 0 0 8 3 】

前記図 1 によって示した構造の半導体レーザ発光装置 1 では、例えば $x = 0.4$ において測定による θ_{\perp} は 24.1° が典型値であった。一方、シミュレータによる計算値は 23.8° 、有効屈折率は 2.515 、モード次数は 10 次モードであった。このように、極めてよい一致を見た。これによって、本発明において使用した導波路シミュレータの性能が十分であることが示された。

【 0 0 8 4 】

次に、 d_2 と Δn との計算結果を図 11 に示す。なお、この計算において、 W_{st} は考慮されていない。

【 0 0 8 5 】

$x = 0.15$ の試料を測定した結果では、 $d_2 = 0.15$ においてインデックスガイド型の実現に対して不十分な Δn であった。このとき、作り付けの Δn は 0.005 となる。したがって、上述したアルミニウム組成での区分において、最も大きくできる d_2 とは $\Delta n = 0.005$ が境界となる。すなわち、埋め込み層としている $Al_xGa_{1-x}N$ 層のアルミニウム組成 x の区分において、 $\Delta n \geq 0.005$ とすることがシミュレータの結果から導かれる。また、このシミュレ

ーションは前述したように測定結果とよく一致をしているので、その計算結果には正当性があるといえる。

【0086】

したがって、第1の半導体レーザ発光装置では、インデックスガイド機構とするために必要なアルミニウム組成 $0.3 \leq x \leq 1.0$ において、 $d_2 \leq 0.2 \mu\text{m}$ とする。また好適には、 $1 \mu\text{m} \leq W_{st} \leq 3 \mu\text{m}$ とする。

【0087】

第2の半導体レーザ発光装置では、ゲインガイド機構とするために必要なアルミニウム組成 $0 \leq x \leq 0.15$ において、 $d_2 \leq 0.2 \mu\text{m}$ とする。また好適には、 $1.0 \mu\text{m} \leq W_{st} \leq 3.0 \mu\text{m}$ とする。

【0088】

第3の半導体レーザ発光装置では、ウィークインデックス型セルフパルセーション機構とするために必要なアルミニウム組成 $0.15 < x < 0.30$ において、 $d_2 \leq 0.2 \mu\text{m}$ とする。また好適には、 $1 \mu\text{m} \leq W_{st} \leq 3 \mu\text{m}$ とする。

【0089】

次に、 $\theta \parallel$ の計算結果と測定値との対応を図12に示す。なお、図中に示した d_2 の単位は μm であり、ここで示した測定点は、見易さの点で $W_{st} = 2.5 \mu\text{m}$ のもののみを示している。図12および前記図11に示すように、 $\theta \parallel$ の計算値と測定値とがよく一致していることが示されている。この結果から、あらためて上記シミュレータの性能が十分であることが確認できる。

【0090】

前記図2および図5～図8から、インデックスガイド型のIII属窒化物半導体レーザ発光装置を実現するためには、 $x = 0.3$ 、 $d_2 = 0.17 \mu\text{m}$ であった。ここにおいて、図11から $\Delta n \geq 0.007$ が必要であることがわかる。なお、非点およびパワー安定性も含めて好適であるのは $\Delta n > 0.01$ である。

【0091】

逆に、インデックスガイド型の半導体レーザ発光装置となるには、不十分な Δn は $\Delta n < 0.007$ といえる。この範囲において、ウィークインデックスになり、一般にはゲインガイド領域に入る。また、ウィークインデックス型セルフパ

ルセーションを実現する範囲もこの領域となる。パルセーションするか否かは、活性層体積に起因する。

【0092】

したがって、第1の半導体レーザ発光装置では、インデックスガイド機構とするために必要なアルミニウム組成 $0.3 \leq x \leq 1.0$ において、 $0.007 \leq \Delta n \leq 0.012$ とする。好適には、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ とする。また好適には、 $d_2 \leq 0.2 \mu m$ とする。

【0093】

第2の半導体レーザ発光装置では、ゲインガイド機構とするために必要なアルミニウム組成 $0 \leq x \leq 0.15$ において、 Δn は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満とする。好適には、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ とする。また好適には、 $d_2 \leq 0.2 \mu m$ とする。

【0094】

第3の半導体レーザ発光装置では、ウィークインデックス型セルフパルセーション機構とするために必要なアルミニウム組成 $0.15 < x < 0.3$ において、 Δn は、少なくとも正の値となる差があり、かつ 0.007 未満とする。好適には、 $1 \mu m \leq W_{st} \leq 3 \mu m$ とする。また好適には、 $d_2 \leq 0.2 \mu m$ とする。

【0095】

なお、本発明では、前記図1に示す構造で、構造パラメータの範囲の設定を行った。光場の原理に基づけば屈折率差 Δn によって導波機構が決定されるため、アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層された積層膜を備え、積層膜の上部がリッジ状のストライプに形成され、リッジ状のストライプの両側に電流非注入領域を有し、電流非注入領域の少なくとも一部が化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$) により表される物質によって構成された半導体レーザ発光装置であれば、前記図1に示した以外の半導体レーザ発光装置であっても、本発明の構造パラメータを適用することが可能である。

【0096】

また、本発明では、埋め込み層として $Al_x Ga_{1-x} N$ 層のみを用いたが、異

なる x の $Al_xGa_{1-x}N$ 組成膜の複数で埋め込み層を構成することも可能である。その場合には、埋め込み層の平均組成が本発明でいう $Al_xGa_{1-x}N$ 層単一で埋め込んだ場合の屈折率となっていれば、構造的に等価となる。さらに、 Δn が同じになっていけば、導波機構として全く等価といってよい。したがって、本発明は、複数の $Al_xGa_{1-x}N$ 膜で埋め込み層が構成されていた場合において、その平均組成 $x\text{-ave}$ が $Al_xGa_{1-x}N$ の単層とした場合の x に置き換えた場合にも及ぶことは明らかである。なお、平均組成とは、 $[\sum i \{ (\text{屈折率 } i) * (\text{膜厚 } i) * (\text{光の割合 } i) \}] / [\sum i \{ (\text{膜厚 } i) * (\text{光の割合 } i) \}] = Al_{x\text{-ave}}Ga_{1-(x\text{-ave})}N$ と定義する。 $\sum i$ は i についての和を示し、 i は埋め込み層を構成する層の番号である。光の場合とは、リッジ外の構成で光場の分布を規格化したとき、 i 層において占めている面積としてよい。また、 $*$ は積を表す。

【0097】

さらに、本発明は、その構成においてサファイアを基板として用いたが、例えば窒化ガリウム基板のような化合物半導体基板、シリコン基板等の他の材料からなる基板を用いることも可能である。これは、垂直方向の光の閉じ込めが十分で、基板位置まで光が達しないことから明らかである。

【0098】

また、本発明は、 $Al_xGa_{1-x}N$ のみを埋め込み層として採用したが、他のインジウムを含ませてもよい。例えば、図1に示した構成において、 $In_yGa_{1-y}N$ ($y \geq 0.16$) 層をリッジ側面に例えば10nmの厚さに積層し、その後、 $Al_xGa_{1-x}N$ 層で埋め込み層を構成してもよい。この構成では、リッジ側面で光の吸収層が作りこまれることになる。

【0099】

上記吸収層が存在する場合には、水平方向の導波モードの基本モードは影響をほとんど受けないが、1次以上の高次モードではその光分布から影響を受ける。具体的には、高次モードでは吸収損失が大きくなる。これは、基本モードと高次モードとのしきい値差が大きくなることを意味している。したがって、基本モードから、高次モードへの切り替わりが起こる光出力を高くできる（切り替わりは

、L-I特性のキンクとして現れる)。

【0100】

したがって、本発明において、より高出力まで横モードを安定化させることができるので望ましい。このように、吸収層を埋め込み層に採用する場合にも、
$$\left[\sum_i \{ (\text{屈折率 } i) * (\text{膜厚 } i) * (\text{光の割合 } i) \} \right] / \left[\sum_i \{ (\text{膜厚 } i) * (\text{光の割合 } i) \} \right] = A l_{x\text{-ave}} G a_{1-(x\text{-ave})}^N$$
との定義において、本発明は対応できる。このことは導波の観点から明らかである。

【0101】

【発明の効果】

以上、説明したように本発明の第1～第3の半導体レーザ発光装置によれば、アルミニウム、ガリウム、インジウムおよびホウ素のうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層されてなる半導体レーザ発光装置において、

- (1) 高出力、低駆動電力に適したIII属窒化物半導体レーザ発光装置となる、
- (2) 戻り光による影響が小さいIII属窒化物半導体レーザ発光装置となる、
- (3) アルミニウムの組成、 Δn 、 d_2 、 W_{st} の各パラメータと導波機構とが対応付けられたことによって、導波理論に等価な構造の半導体レーザ発光装置の開発が容易になり、III属窒化物半導体レーザ発光装置の実用化が促進される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の半導体レーザ発光装置の構成を示す概略構成断面図である。

【図2】

各xの値における試料の水平方向のFFP半値全幅 θ_{\parallel} と電流注入幅 W_{st} との関係図である。

【図3】

W_{st} を変えたときの典型的な θ_{\parallel} と θ_{\perp} との関係図である。

【図4】

アルミニウム組成xと Δn との関係図である。

【図5】

$\theta \parallel$ と $\theta \perp$ との関係図である。

【図 6】

アルミニウム組成 x 毎における W_{st} としきい電流値との関係図である。

【図 7】

アルミニウム組成 x 毎におけるレーザ光出力と非点隔差との関係図である。

【図 8】

アルミニウム組成 x 毎におけるレーザ光出力と $\theta \parallel$ との関係図である。

【図 9】

$W_{st} > 3 \mu m$ における水平方向の NFP 像とそのプロファイルを示す図である。

【図 10】

d_2 としきい電流値 I_{th} との関係図である。

【図 11】

d_2 と Δn との計算結果を示す図である。

【図 12】

$\theta \parallel$ の計算結果と W_{st} の測定値との関係図である。

【図 13】

方向の定義の説明図である。

【図 14】

ゲインガイド型半導体レーザ発光装置の構造および屈折率分布とキャリア分布を示す図である。

【図 15】

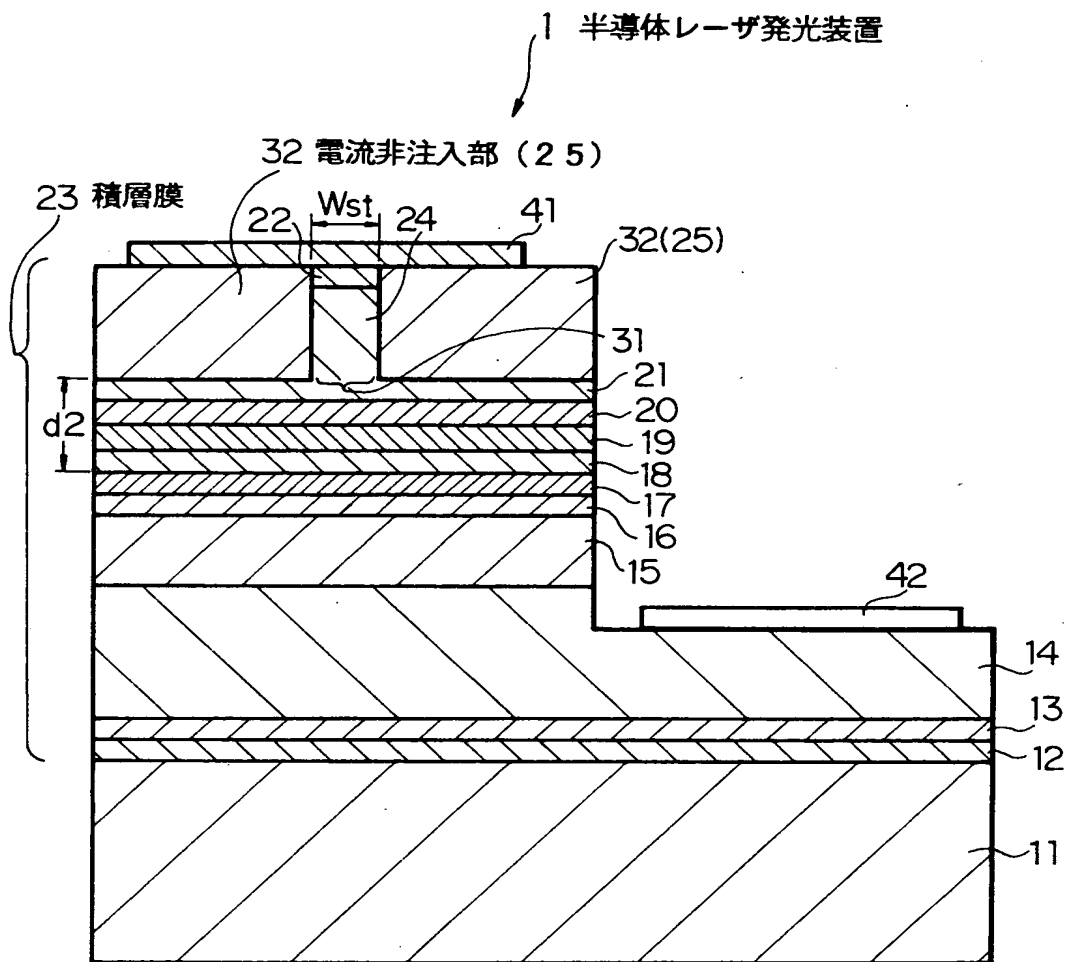
インデックスガイド型半導体レーザ発光装置の構造および屈折率分布とキャリア分布を示す図である。

【符号の説明】

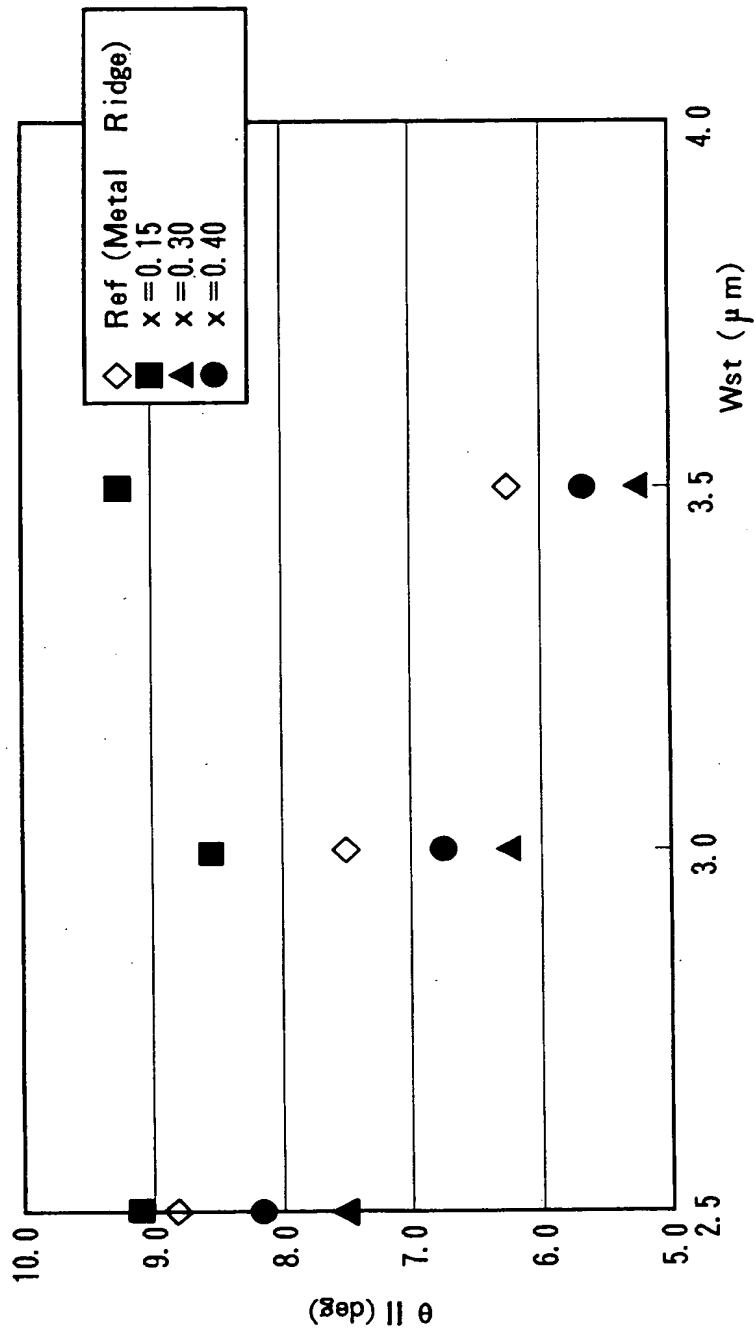
1 … 半導体レーザ発光装置、 2 3 … 積層膜、 3 2 … 電流非注入領域

【書類名】 図面

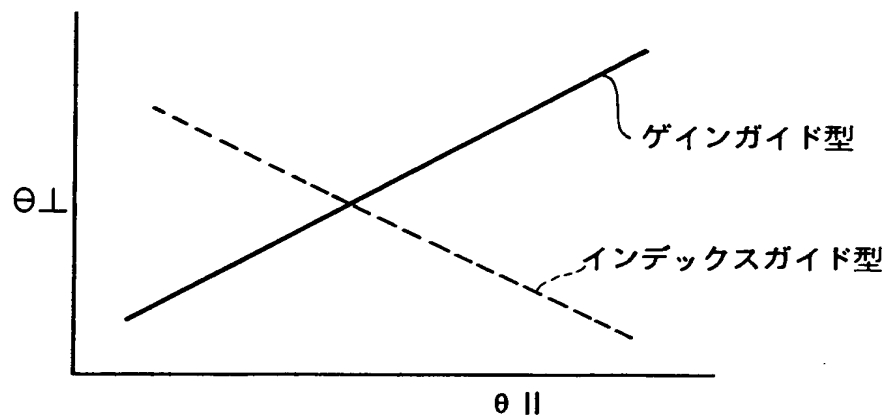
【图 1】



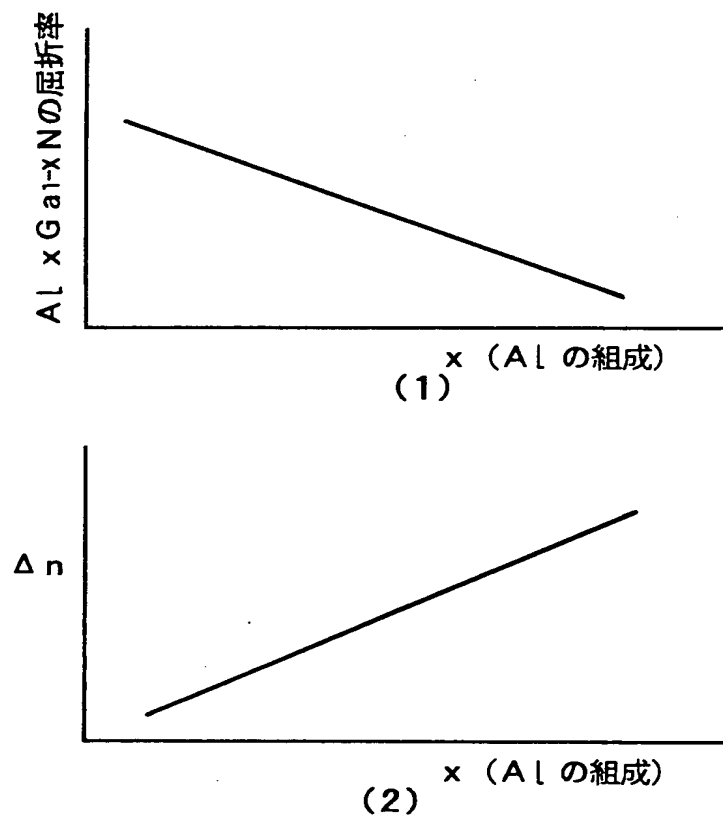
【図 2】



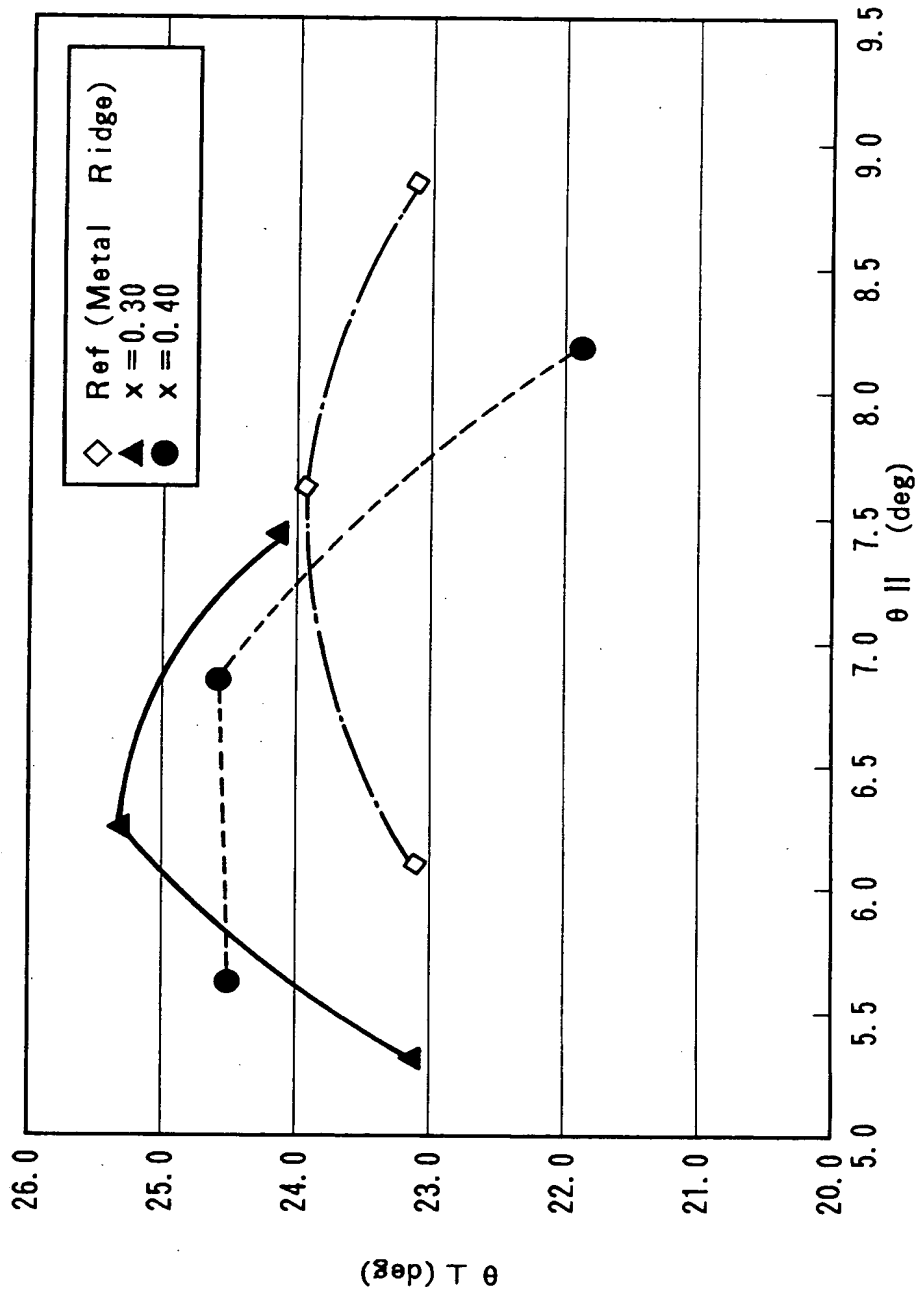
【図 3】



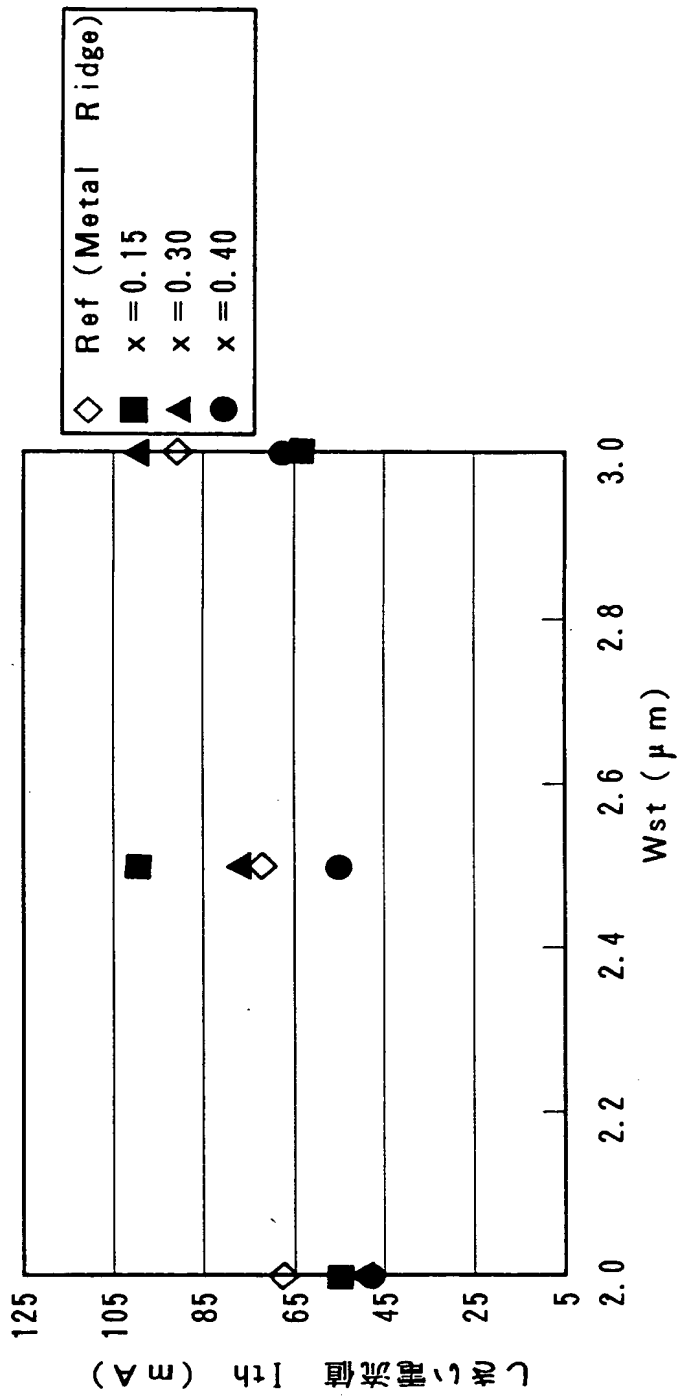
【図 4】



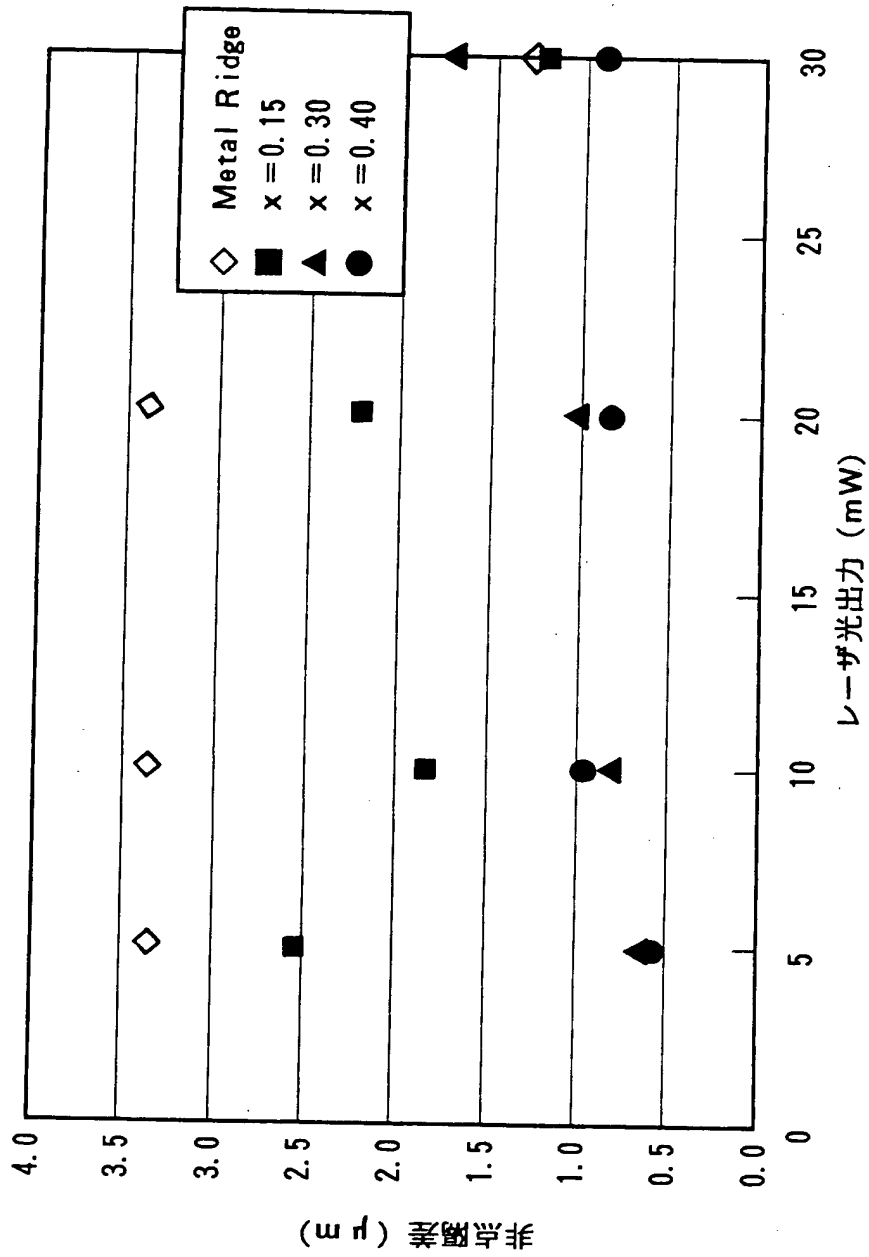
【図 5】



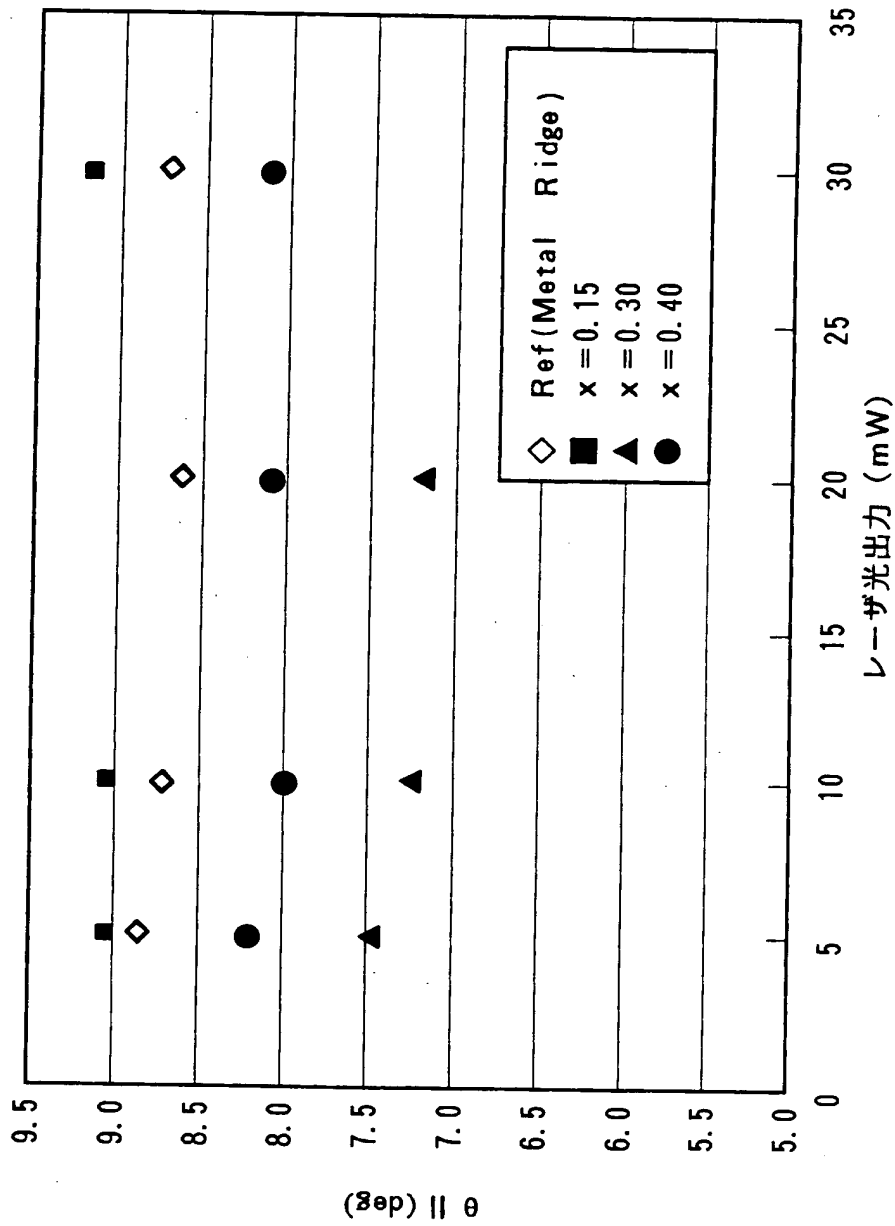
【図 6】



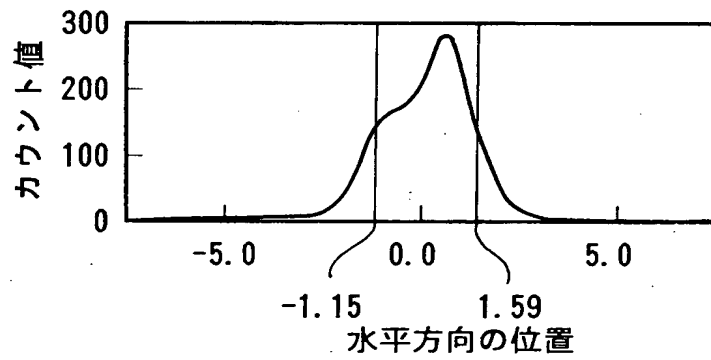
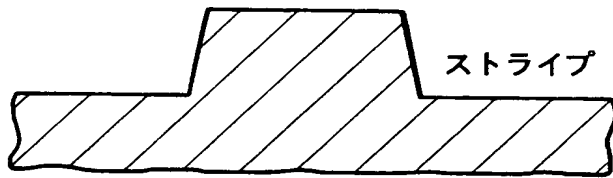
【図 7】



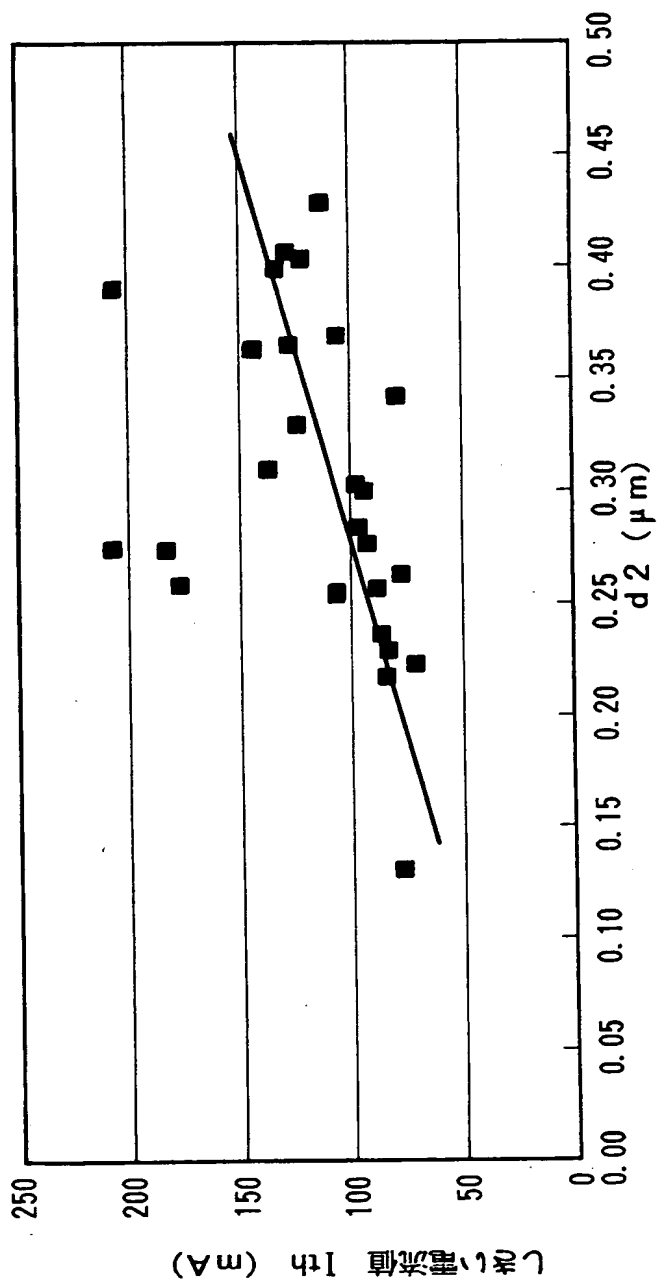
【図 8】



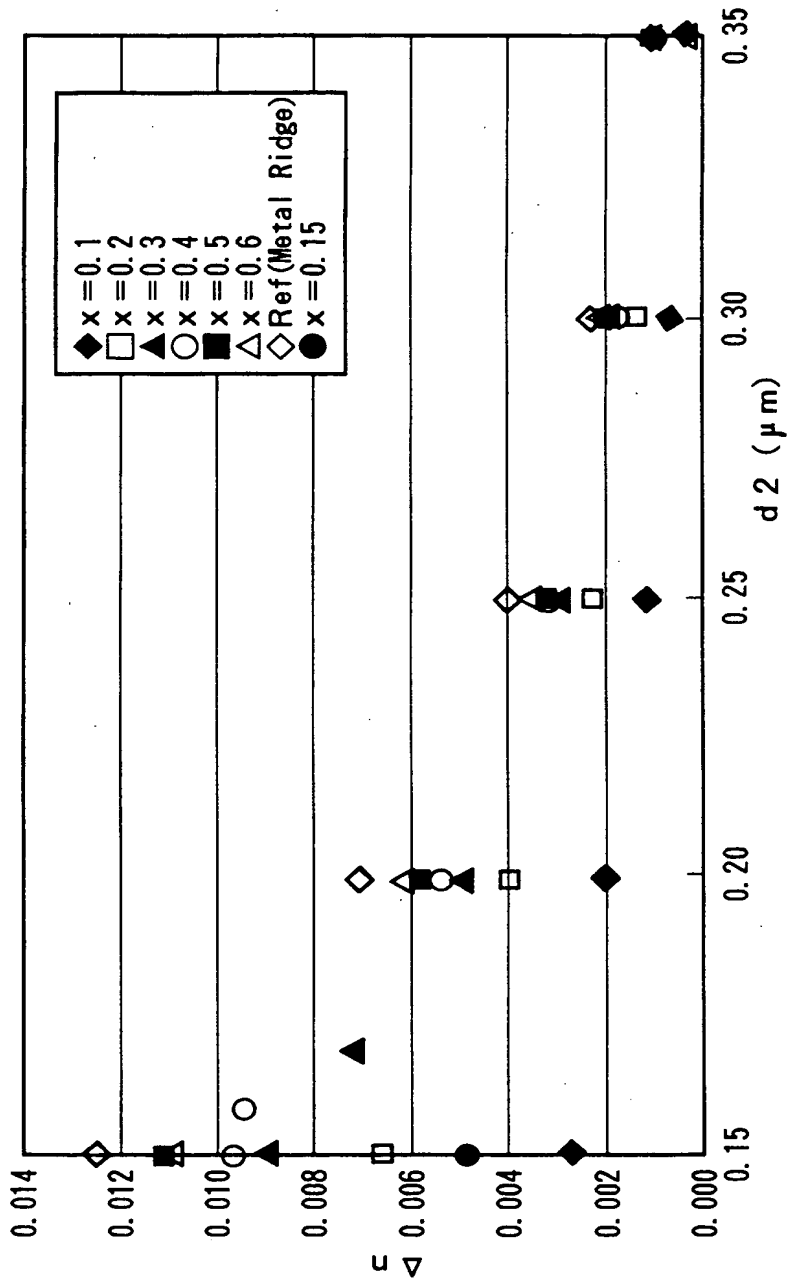
【図9】



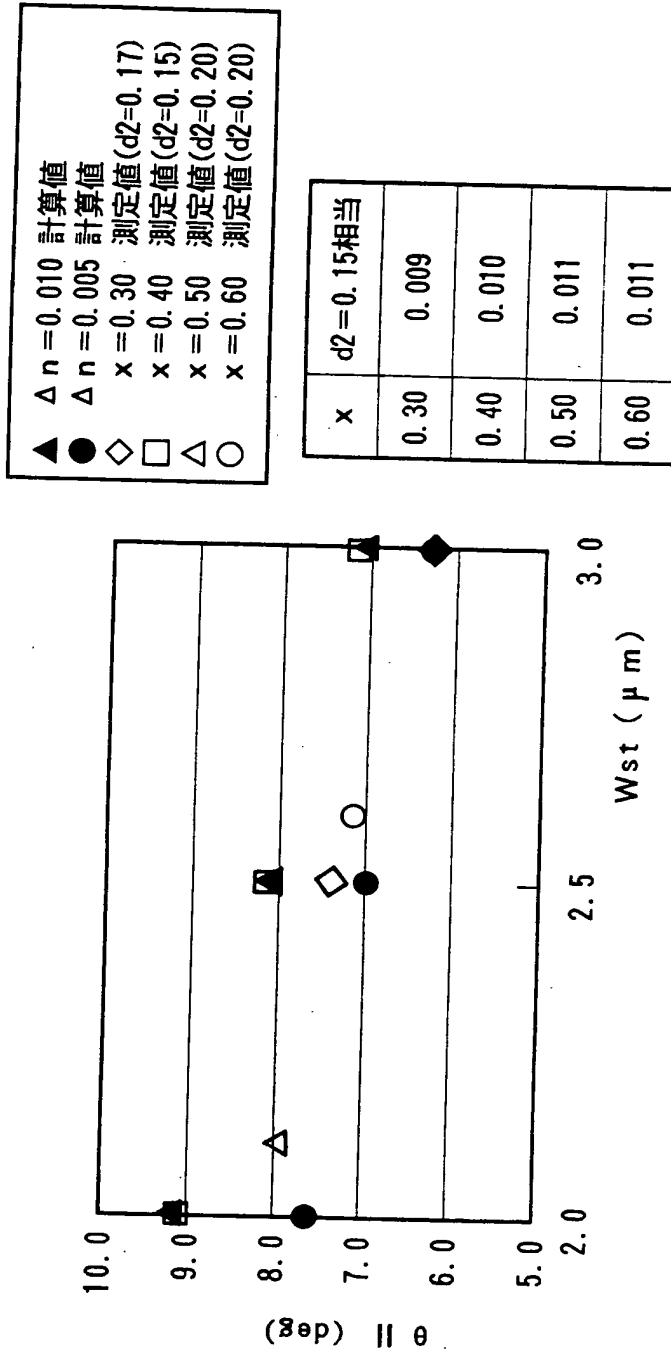
【図10】



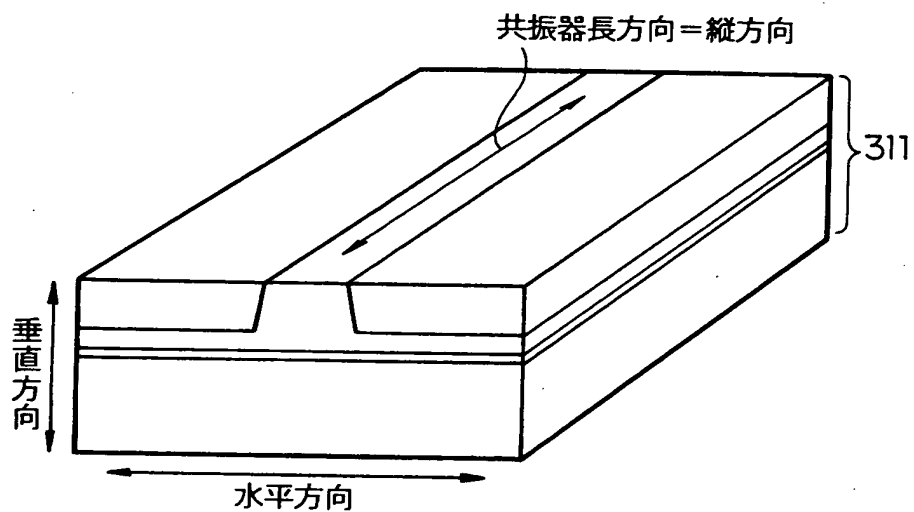
【図 11】



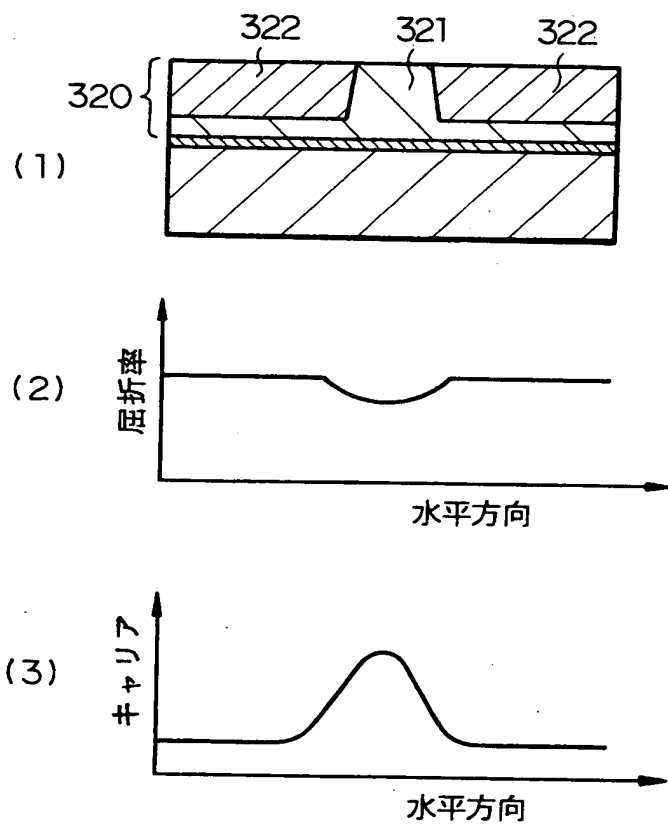
【図 1 2】



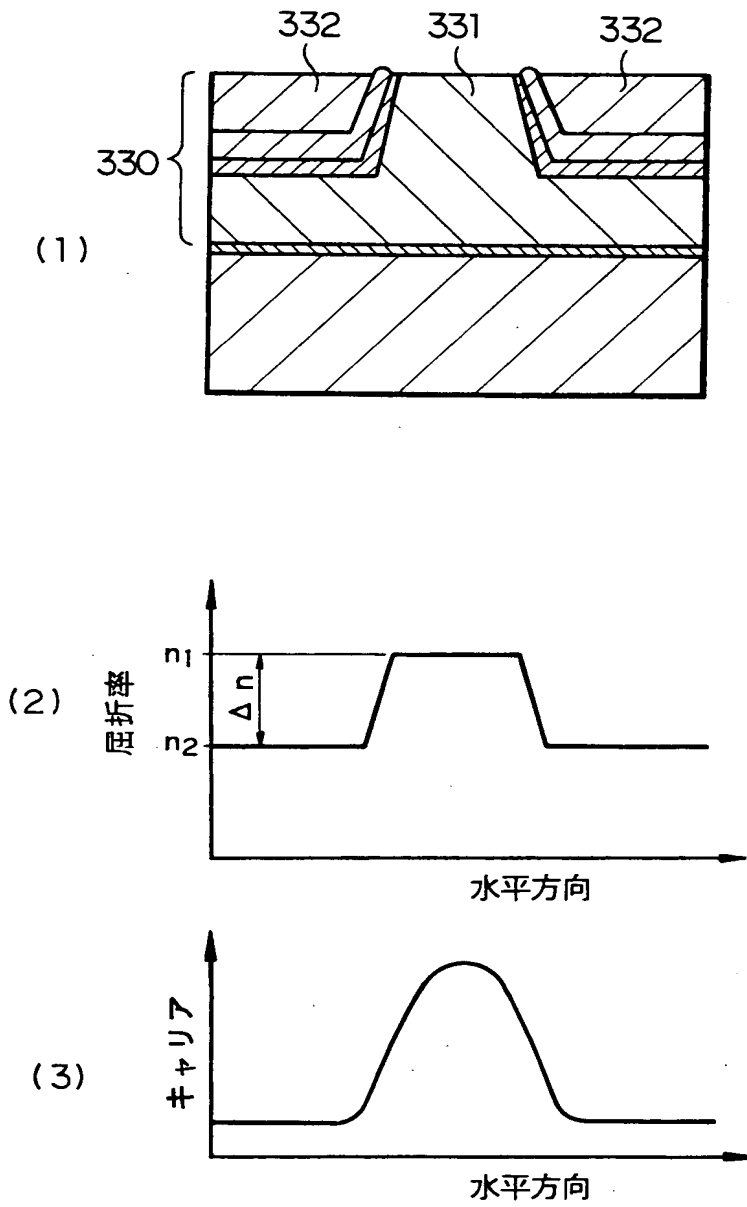
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体膜での埋め込みリッジ構造の半導体レーザ発光装置において、 Δn と横モードとの相関を明らかにして、用途による横構造の使い分けを明らかにする。

【解決手段】 Al、Ga、InおよびBのうちの少なくとも1種の元素を含むIII属窒化物半導体膜が積層された積層膜23を備え、積層膜23の上部がリッジ状のストライプ24に形成され、リッジ状のストライプ24の両側に少なくとも一部が化学式 $Al_x Ga_{1-x} N$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1.0$ ）により表される物質からなる電流非注入領域32を有する半導体レーザ発光装置1において、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ としてインデックスガイド型を構成し、 $0.15 < x < 0.30$ としてウィークインデックス型を構成し、 $0 \leq x < 0.15$ としてゲインガイド型を構成する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-083368
受付番号	50000360471
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成12年 4月10日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 3月24日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社